

# ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ В ЗОНЕ СДВИГА ПРИ ИСПЫТАНИИ СПЛАВА VST3553 НА ДВОЙНОЙ СРЕЗ

*Гриб С.В., Долбилова Д.А.\* , Нагорная Н.Б.*

*Руководитель – к.т.н., профессор Демаков С.Л.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.

Ельцина, г. Екатеринбург

\*ОАО «Корпорации ВСМПО-АВИСМА»

**stella\_grib@mail.ru**

Методами растровой электронной микроскопии и дифракции обратнорассеянных электронов (ДОЭ, EBSD) изучены особенности микроструктуры в области сдвига при испытании сплава VST3553 на двойной срез. Установлено, что сопротивление сдвигу оказывают частицы первичной  $\alpha$  – фазы ориентированные для базисного скольжения.

В современном самолетостроении в целях экономии веса конструкций ведутся исследовательские работы по замене стальных крепежных деталей на детали из высокопрочных титановых сплавов. При этом, титановые сплавы не должны уступать по механическим свойствам стальным материалам: временное сопротивление  $\sigma_b$  должно быть порядка 1500 МПа, прочность на срез  $\tau_{ср}$  – 900 МПа, относительное удлинение  $\delta \geq 12 \%$  [1,2]. В связи с чем, ОАО «Корпорацией ВСМПО-АВИСМА» был разработан новый сплав VST3553, который вследствие высокого содержания  $\beta$  - стабилизаторов способен закаливаться на воздухе без разупрочнения при последующем старении. Несмотря на высокие значения предела прочности (порядка 1200МПа) и пластичности (14...18 %) сплава VST3553 после упрочняющей термической обработки (УТО: закалка от  $T_{\text{нп}}-30$  °С и старение в интервале температур 450...650 °С), значения прочности на срез не превышали 735 МПа. В связи с чем, целью настоящей работы является исследовать микроструктурные особенности сплава VST3553 после испытания на двойной срез и определить причины низкого сопротивления срезу.

Материалом исследования служили прутки длиной 53 мм и диаметром 12,7 мм, подвергнутых УТО. Образцы и данные механических испытаний получены от ОАО «Корпорации ВСМПО-АВИСМА» в рамках совместных исследований.

Анализ микроструктуры сплава VST3553 после испытания на двойной срез, показал, что в области сдвига существуют линии интенсивной деформации, которые формируют два основных потока: первый направлен перпендикулярно ступени сдвига вглубь образца, а второй сперва обтекает ступень, а затем идет по ходу первого потока. При движении вглубь образца поток линий интенсивной деформации постепенно расширяется, при этом

отдельные линии становятся тоньше, и исчезают на глубине порядка 600 мкм от поверхности образца. Следует отметить, что на распространение линий деформации отчетливо просматривается влияние частиц первичной  $\alpha$  – фазы. Линии стремятся обогнуть частицы, при этом  $\alpha$  – фаза испытывает сильную деформацию. Наблюдается изменение формы частиц от глобулярной к вытянутой эллипсоидальной и их разворот по ходу распространения линий деформации (рисунок 1). Следует отметить, что некоторые частицы перерезаются и могут служить местами зарождения микротрещин.

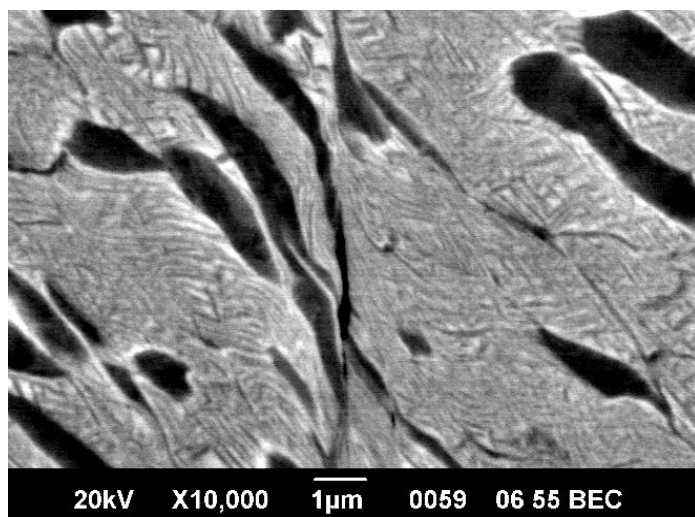


Рисунок 1. Микроструктура сплава VST3553 в области сдвига

Прохождение линий интенсивного течения через  $\alpha$  – частицы приводило к смещению отдельных ее частей друг относительно друга. Оценка этого смещения показала, что с продвижением вглубь образца, вследствие рассеяния энергии деформации, величина этого сдвига уменьшается от 13 до 2 мкм.

Анализ полюсных фигур позволил определить, что первичная  $\alpha$  – фаза, главным образом, ориентирована для призматического скольжения: скольжение идет по вектору Бюргерса для  $a$  - дислокаций вдоль направления сдвига. В этом случае направление  $[0001]$  перпендикулярно направлению сдвига. Следует отметить, что сопротивление сдвигу оказывают частицы первичной  $\alpha$  – фазы, для которых вектор Бюргерса  $a$  - дислокаций перпендикулярен направлению сдвига и не лежит в плоскости скольжения. В этом случае направление  $[0001]$  параллельно направлению сдвига. Однако доля таких частиц невелика.

Преобладание призматического скольжения над базисным, скорее всего, обусловлено недостаточным содержанием  $\alpha$  - стабилизаторов в сплаве (3 %), согласно литературным данным [3] для преобладания базисного скольжения необходимое их содержание должно составлять не менее 5 %.

Таким образом, для повышения сопротивления срезу сплава типа VST3553, необходимо, во-первых, повысить алюминиевый эквивалент до значений, превышающих 4 %; за счет легирования  $\alpha$  – стабилизаторами и нейтральными упрочнителями. Во-вторых, за счет деформации в ( $\alpha + \beta$ ) - области, предшествующей упрочняющей термической обработке, сформировать базисную текстуру в первичной  $\alpha$  – фазе.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Воробьев И.А. Нержавеющие коррозионностойкие стали для изготовления крепежных деталей / И.А. Воробьев // Метизы. 2006. № 3(13)
2. [www.12821-80.ru/tech/131-Bolty\\_stali\\_splavy](http://www.12821-80.ru/tech/131-Bolty_stali_splavy) / Технические статьи. Дроздов М.В. Прочность болтов из сплавов, сталей и пластмасс. 13.11.2014
3. Wang Y.N Texture analysis in hexagonal materials / Y.N. Wang., J.C. Huang // Materials Chemistry and Physics. 2003. №81. P. 11...26.